

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-183213

(P2005-183213A)

(43) 公開日 平成17年7月7日(2005.7.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H05B 33/12

H05B 33/10

H05B 33/14

F1

H05B 33/12

H05B 33/10

H05B 33/14

C

A

テーマコード(参考)

3K007

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-423072(P2003-423072)  
(22) 出願日 平成15年12月19日(2003.12.19)

(71) 出願人 000221926  
東北パイオニア株式会社  
山形県天童市大字久野本字日光1105番地  
(74) 代理人 100063565  
弁理士 小橋 信淳  
(74) 代理人 100118898  
弁理士 小橋 立昌  
(72) 発明者 白鳥 昌宏  
山形県米沢市八幡原4丁目3146番地7  
東北パイオニア株式会社米沢工場内  
(72) 発明者 藤村 奏  
山形県米沢市八幡原4丁目3146番地7  
東北パイオニア株式会社米沢工場内

最終頁に続く

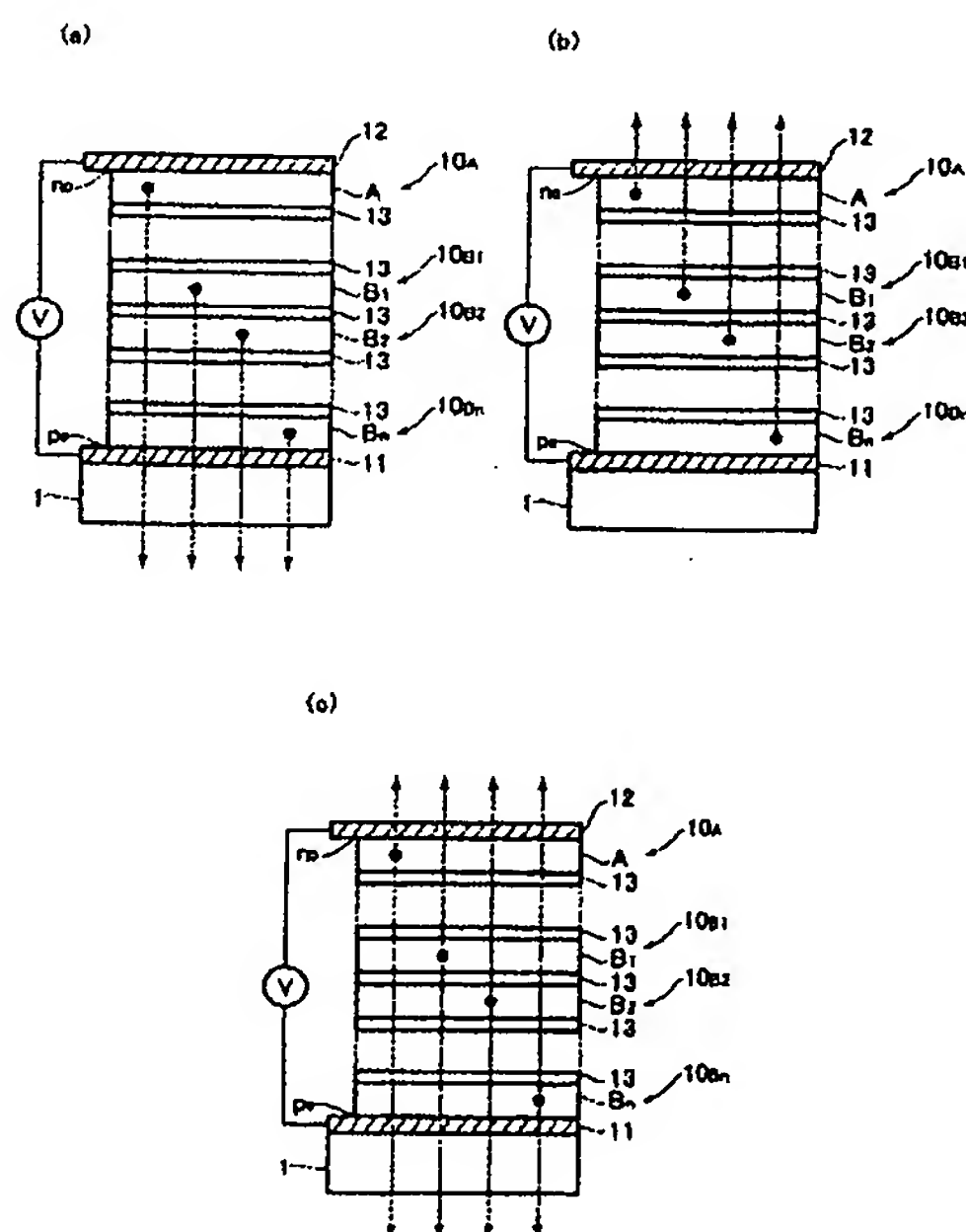
(54) 【発明の名称】 有機EL素子及びその形成方法

(57) 【要約】

【課題】 有機EL発光を呈する複数の発光ユニットが直列に接続されてなる有機EL素子において、各発光ユニットの発光色の混色によって得られる色を所望の色度に設定する。

【解決手段】 有機EL素子は、基板1上に配線電極11が形成され、この上に、単層又は多層の有機材料層からなる有機発光機能層A、…、B1、B2、…Bnと、導電層13が交互に積層され、発光ユニット10A、…、10B1、10B2、…、10Bnが直列に接続されて、最上部に配線電極12が形成されている。複数の発光ユニット10A、…、10B1、10B2、…、10Bnは、少なくとも2色以上の異なる発光色を呈する発光ユニットを有し、少なくとも一つの色を呈する発光ユニット10B1、10B2、…、10Bnを多段に形成し、発光面から異なる発光色を合成した所望の混色を得る。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

有機 E L 発光を呈する複数の発光ユニットが直列に接続されてなり、該複数の発光ユニットの発光面の一部又は全部が重ねられて発光面を形成する有機 E L 素子であって、

前記複数の発光ユニットは、少なくとも 2 色以上の異なる発光色を呈する発光ユニットを有し、

少なくとも一つの色を呈する前記発光ユニットを多段に形成し、前記発光面から前記異なる発光色を合成した所望の混色を得ることを特徴とする有機 E L 素子。

**【請求項 2】**

前記複数の発光ユニットは、蛍光発光性の発光ユニットと燐光発光性の発光ユニットを含み、前記蛍光発光性の発光ユニットを前記燐光発光性の発光ユニットに対して多段に形成したことを特徴とする請求項 1 に記載された有機 E L 素子。

10

**【請求項 3】**

前記所望の混色を白色とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載された有機 E L 素子。

**【請求項 4】**

有機 E L 発光を呈する複数の発光ユニットが直列に接続されてなり、該複数の発光ユニットの発光面の一部又は全部が重ねられて発光面を形成する有機 E L 素子の形成方法であって、

前記複数の発光ユニットは、少なくとも 2 色以上の異なる発光色を呈する発光ユニットを有し、

20

少なくとも一つの色を呈する前記発光ユニットを多段に形成し、前記発光面から前記異なる発光色を合成した所望の混色を得ることを特徴とする有機 E L 素子の形成方法。

**【請求項 5】**

前記発光ユニットの段数は、前記異なる発光色を呈する発光ユニット毎の電流輝度効率と、前記異なる色から前記所望の混色を得るための必要輝度加算比とによって求められることを特徴とする請求項 4 に記載された有機 E L 素子の形成方法。

**【請求項 6】**

前記複数の発光ユニットは、蛍光発光性の発光ユニットと燐光発光性の発光ユニットを含み、前記蛍光発光性の発光ユニットを前記燐光発光性の発光ユニットに対して多段に形成したことを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載された有機 E L 素子の形成方法。

30

**【請求項 7】**

前記所望の混色を白色とすることを特徴とする請求項 4 ～ 6 のいずれかに記載された有機 E L 素子の形成方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、有機 E L 素子及びその形成方法に関するものである。

**【背景技術】**

40

**【0002】**

有機 E L (Electroluminescence) 素子は、基板上に下部電極を形成し、その上に発光層を含む有機材料層を単層又は多層に形成し、更にその上に上部電極を形成することで、一対の電極で有機材料層を挟持した基本構造を有しており、上部電極、下部電極のうち、一方を陽極とすると共に他方を陰極として、両電極間に電圧を印加することによって、陰極側から有機材料層内に注入・輸送された電子が陽極側から注入・輸送された正孔と再結合して発光が得られるものである。この有機 E L 素子は、面発光が得られる薄型の発光素子であり、各種用途の光源や自発光の薄型表示装置の表示単位を構成するものとして、近年注目されている。

**【0003】**

50

下記特許文献 1 では、前述した基本構造を有する有機 E L 素子を更に発展させて、高輝

度発光が得られ且つ長寿命化が可能な有機EL素子を提案している。図1は、この従来技術を説明する説明図である。この従来技術に係る有機EL素子は、基板1上に、対向する陽極2と陰極5の間に複数個の発光ユニット(3-1, 3-2, ..., 3-n)を有し、各発光ユニットがそれぞれ1層の等電位面を形成する層(4-1, 4-2, ..., 4-(n-1))によって仕切られたものである。

#### 【0004】

この有機EL素子では、発光ユニット(3-1, 3-2, ..., 3-n)を仕切る各層(4-1, 4-2, ..., 4-(n-1))が、その層の陰極側に隣接する発光ユニットに対しては正孔を発生させ、その層の陽極側に隣接する発光ユニットに対しては電子を発生させる機能を有する層になって、発光ユニット毎に前述した基本構造を形成し、これを直列に接続した構造を備えている。

10

#### 【0005】

この有機EL素子は、有機EL発光を呈する複数の発光ユニットが直列に接続されたものであって、駆動電圧は各発光ユニットによって消費される電位分の総和になるものの、各発光ユニットで生じる複数の発光を合成して取り出すことができるので、発光ユニットの数に応じた高輝度を得ることができる。

#### 【0006】

また一般に、有機EL素子の輝度は電流密度にほぼ比例するため、高輝度を得ようとするれば必然的に高い電流密度が必要であり、電流密度を高くすると素子寿命が短くなってしまふという不都合がある。これに対して、下記特許文献1に記載の有機EL素子によると、高輝度を得たい場合には発光ユニットの数を増やせば良く、この際に各発光ユニットを流れる電流の電流密度は変わらないので、素子寿命を犠牲にすることなく高輝度を実現することが可能になる。

20

#### 【0007】

このように、複数の発光ユニットを、電荷を発生する機能を有する導電層を介して直列に接続し、各発光ユニットから得られる発光を重ね合わせて合成光を得る方法は、下記特許文献1の他に下記の非特許文献1によっても報告されている。また、複数の発光ユニットを異なる色の発光色が得られるものにして、これを重ね合わせることで合成色を得ることが、下記の非特許文献2に記載されている。

#### 【0008】

【特許文献1】特開2003-45676号公報

30

【非特許文献1】第49回応用物理学関連連合講演会講演予稿集p1308(27p-YL-3)

【非特許文献2】第63回応用物理学会学術講演会講演予稿集p1165(27a-ZL-12)

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

このように、有機EL発光を呈する複数の発光ユニットが直列に接続された有機EL素子では、直列接続された発光ユニットを流れる電流は等しく、発光ユニット毎に電流密度を調整することができないので、全ての発光ユニットに流れる共通の電流密度に対する各発光ユニットの輝度効率(電流輝度効率)によって、自動的に全体の有機EL素子から出力される混色の色度が決まってしまうことになる。

40

#### 【0010】

すなわち、このような有機EL素子では、各発光ユニットの混色として得られる発光色を所望の色度に設定しようとしても、発光ユニット毎に各色の輝度を調整することができないので、選択された発光材料の電流輝度効率によって混色の色度が決められてしまい、得られた混色が所望の色度にならないという問題がある。

#### 【0011】

特に、この有機EL素子をR(赤), G(緑), B(青)3色混色の白色光源として用いることを考えてみると、有機EL発光材料は、R(赤), G(緑), B(青)の各色で

50

電流輝度効率が異なり、また、発光材料の選択のみによっては、混色によって白色を得るために必要なRGB3色の輝度加算比( $R : G : B = 3 : 6 : 1$ )を得ることはできないので、各発光ユニットの混色として白色を得ることができないという問題がある。

#### 【0012】

更には、発光ユニットに用いられる発光材料としては、1重項励起状態から基底状態に戻る際の発光(蛍光発光性)を呈するものと、3重項励起状態から基底状態に戻る際の発光(燐光発光性)を呈するものがあるが、一般に、蛍光発光は燐光発光の $1/3 \sim 1/4$ の量子効率になるので、これらを混在させてRGBの混色を得ようとする、色味がかかった白色になってしまうという問題がある。

#### 【0013】

本発明は、このような問題に対処することを課題の一例とするものである。すなわち、有機EL発光を呈する複数の発光ユニットが直列に接続されてなる有機EL素子において、各発光ユニットの発光色の混色によって得られる色を所望の色度に設定すること、或いは、前述の混色として白色を得ること等を目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0014】

このような目的を達成するために、本発明による有機EL素子及びその形成方法は、以下の各独立請求項に係る構成を少なくとも具備するものである。

#### 【0015】

【請求項1】有機EL発光を呈する複数の発光ユニットが直列に接続されてなり、該複数の発光ユニットの発光面の一部又は全部が重ねられて発光面を形成する有機EL素子であって、前記複数の発光ユニットは、少なくとも2色以上の異なる発光色を呈する発光ユニットを有し、少なくとも一つの色を呈する前記発光ユニットを多段に形成し、前記発光面から前記異なる発光色を合成した所望の混色を得ることを特徴とする有機EL素子。

#### 【0016】

【請求項4】有機EL発光を呈する複数の発光ユニットが直列に接続されてなり、該複数の発光ユニットの発光面の一部又は全部が重ねられて発光面を形成する有機EL素子の形成方法であって、前記複数の発光ユニットは、少なくとも2色以上の異なる発光色を呈する発光ユニットを有し、少なくとも一つの色を呈する前記発光ユニットを多段に形成し、前記発光面から前記異なる発光色を合成した所望の混色を得ることを特徴とする有機EL素子の形成方法。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0017】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図2及び図3は、本発明の実施形態に係る有機EL素子及びその形成方法を説明する説明図である。

#### 【0018】

先ず、本発明の実施形態に係る有機EL素子は、図2(a)に示すように、有機EL発光を呈する複数の発光ユニット $10_A, \dots, 10_{B1}, 10_{B2}, \dots, 10_{Bn}$ が直列に接続されてなり、この発光ユニット $10_A, \dots, 10_{B1}, 10_{B2}, \dots, 10_{Bn}$ の発光面の一部又は全部が重ねられて発光面 $10_S$ を形成するものが前提になっている。

#### 【0019】

ここで発光ユニット $10_A, \dots, 10_{B1}, 10_{B2}, \dots, 10_{Bn}$ とは、有機発光機能層 $A, \dots, B1, B2, \dots, Bn$ をそれぞれ備え、それらが導電層 $p, n$ によって挟持されて、有機発光機能層 $A, \dots, B1, B2, \dots, Bn$ と導電層 $n$ との界面に陰極機能界面 $n_0$ が形成され、有機発光機能層 $A, \dots, B1, B2, \dots, Bn$ と導電層 $p$ との界面に陽極機能界面 $p_0$ が形成されるものである。したがって、直列に接続された各発光ユニット $10_A, \dots, 10_{B1}, 10_{B2}, \dots, 10_{Bn}$ に配線電極 $11, 12$ を介して電圧 $V$ を印加すると、各有機発光機能層 $A, \dots, B1, B2, \dots, Bn$ に、陰極機能界面 $n_0$ から電子が注入され、陽極機能界面 $p_0$ から正孔が注入されることになり、この電子と正孔の再結合によって各発光ユニット $10_A, \dots, 10_{B1}, 10_{B2}, \dots, 10_{Bn}$ から有



機EL発光が得られることになる。また、その再結合によって、各発光ユニット $10_A$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_1}$ ,  $10_{B_2}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_n}$ 間に共通の電流が流れることになる。

#### 【0020】

また、各発光ユニット $10_A$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_1}$ ,  $10_{B_2}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_n}$ の発光面は、導電層 $n$ ,  $p$ の一方又は両方の外側に形成されることになるが、この発光面の一部又は全部が重ねられて、上下の一方又は両方の最外面に有機EL素子の発光面 $10_S$ が形成されることになる。したがって、この発光面 $10_S$ の発光領域 $S$ は、各発光ユニット $10_A$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_1}$ ,  $10_{B_2}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_n}$ の発光面の重なり部分ということになる。したがって、光を取り出す側に重ねられた各発光ユニットは透明又は半透明に形成されるが、光を取り出す側とは反対側の最外に位置する発光ユニットは非透光性であってもよい。また、上下両方から光を取り出す場合には、全ての発光ユニットが透光性を有するものに形成されることになる。

10

#### 【0021】

更に、この有機EL素子における複数の発光ユニット $10_A$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_1}$ ,  $10_{B_2}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_n}$ は、少なくとも2色以上の異なる発光色を呈する発光ユニットを有している。ここでは、A色とB色の2色を例にしているが、これに限らず3色以上であってもよい。また、少なくとも一つの色を呈する発光ユニット $10_{B_1}$ ,  $10_{B_2}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_n}$ を多段に形成している。ここでは、B色の発光ユニットのみを多段にしているが、複数の色の発光ユニットを多段にしてもよい。そして、前述の発光面 $10_S$ からは、各発光ユニット $10_A$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_1}$ ,  $10_{B_2}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_n}$ からの異なる発光色を合成した所望の混色が得られるようにしている。

20

#### 【0022】

ここで、発光ユニット $10_A$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_1}$ ,  $10_{B_2}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_n}$ の形態としては、図2(a)に示すように、各発光ユニットが例えば異なる基板に形成される等して分離している形態、同図(b)のように、各発光ユニットが積層され、導電層 $p$ と導電層 $n$ が密着している形態、同図(c)に示すように、各発光ユニットが積層され、導電層 $p$ と導電層 $n$ が単一の導電層13によって形成されて、その導電層13の上下の界面に陽極機能界面 $p_0$ と陰極機能界面 $n_0$ が形成されるような形態の何れであってもよく、要するに、前述した各発光ユニットが直列に接続されているものであればよい。

#### 【0023】

また、より具体的な有機EL素子の形態としては、図3に示すように、基板1上に配線電極11(下部電極)を形成し、これが陽極機能界面 $p_0$ を形成する導電層を兼ねるようにし、その上に前述した発光ユニット $10_{B_n}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_2}$ ,  $10_{B_1}$ ,  $\dots$ ,  $10_A$ を順次積層させ、最上部に配線電極12を積層させて、これが陰極機能界面 $n_0$ を形成する導電層を兼ねるようにしてもよい。

30

#### 【0024】

このような有機EL素子によると、各発光ユニット $10_A$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_1}$ ,  $10_{B_2}$ ,  $\dots$ ,  $10_{B_n}$ から複数の発光が生じることになり、駆動電圧 $V$ は各発光ユニットによって消費される電位分の総和になるものの、各発光ユニットで生じる複数の発光を合成して取り出すことができるので、発光ユニットの層数に応じた高輝度を得ることができる。また、この際に各発光ユニットを流れる共通の電流は発光ユニットの層数には依らないので、素子寿命を犠牲にすることなく高輝度を実現することが可能になる。

40

#### 【0025】

図3(a)~(c)は、このような有機EL素子における光の取り出し形態を示したものである。同図(a)に示す例は、配線電極12或いは最上の発光ユニット $10_A$ を非透光性にするると共に、他の発光ユニット、配線電極11、基板1を透光性にして基板1側から光を取り出す方式(ボトムエミッション方式)、同図(b)に示す例は、基板1、配線電極11、最下の発光ユニット $10_{B_n}$ のいずれか又は全てを非透光性にするると共に、他の発光ユニット、配線電極12を透光性にして上面から光を取り出す方式(トップエミッション方式)、同図(c)に示す例は、配線電極11, 12、全ての発光ユニット、基板

50

1を透光性にして上下両面から光を取り出す方式（T O L E D方式）をそれぞれ示している。

#### 【0026】

このような有機E L素子では、A色の各発光ユニットとB色の各発光ユニットから出力される光の輝度は、それぞれに共通の電流密度によって決まり、各色の輝度を発光ユニット単位で独立して調整することはできないので、A色の発光ユニット1層とB色の発光ユニット1層とからなる有機E L素子では、その混色の色度は、各々の発光ユニットにおける電流輝度効率によって決まってしまうことになり、有機E L素子の発光面から得られる混色を所望の色度に設定することができない。

#### 【0027】

そこで、本発明の実施形態に係る有機E L素子では、少なくとも一つの色を呈する発光ユニットを多段にして、その段数を調整することで、有機E L素子の発光面10sから得られる混色を所望の色度に設定できるようにした。

#### 【0028】

すなわち、ある色度の発光色を複数の発光色（例えば、A色とB色）の混色によって得ようとする場合、各色の必要輝度加算比（A色：B色＝a：b）に応じて発光色を合成しなければならないが、実際上は、各色の発光ユニットにおける電流輝度効率に応じて各色の輝度の比が決められてしまうことになるので、所望の色度を得ようとしてもその色にならない。そこで、必要輝度加算比からみて輝度を高める必要がある色に対して、その色の発光ユニットを多段にすることで輝度を補い、所望の色度を得るための必要輝度加算比に近づけるようにする。

#### 【0029】

このような本発明の実施形態に係る有機E L素子の色度設定について、更に一般的な例を挙げて説明をする。

#### 【0030】

いま、ある一つの色をA、他の色をBと表し、AとBを輝度比a：bで混色して別の色Cが得られることを、下記（式0）で表すことにする。

#### 【0031】

#### 【数1】

$$C = \frac{a}{a+b} \cdot A + \frac{b}{a+b} \cdot B \quad (\text{式0})$$

#### 【0032】

その表記に従って、n種類（nは自然数）の発光色を混色して得られる合成色C<sub>0</sub>は、第k（kは自然数）番目の発光色をC<sub>k</sub>、この発光色を呈する発光ユニット単体の電流輝度効率をφ<sub>k</sub>として、全体に占める発光色C<sub>k</sub>の輝度比をa<sub>k</sub>とすると、下記（式1）で表すことができる。

#### 【0033】

#### 【数2】

$$C_0 = \sum_{k=1}^n a_k C_k, \quad \sum_{k=1}^n a_k = 1 \quad (\text{式1})$$

#### 【0034】

例えば、C I E色度図上で考えて、C<sub>1</sub>＝R（赤）＝（0.67, 0.33）、C<sub>2</sub>＝G（緑）＝（0.21, 0.71）、C<sub>3</sub>＝B（青）＝（0.14, 0.08）の3色を混色する際に、a<sub>1</sub>＝0.299、a<sub>2</sub>＝0.586、a<sub>3</sub>＝0.115とすると、C<sub>0</sub>＝W（N T S C白）＝（0.310, 0.316）を得ることができる（すなわち、前述したR G B 3色の混色で白色を得るための必要輝度加算比は、a<sub>1</sub>：a<sub>2</sub>：a<sub>3</sub>ということになる。）。

#### 【0035】

したがって、逆にa<sub>k</sub>を変えることができれば、n種類の発光色の混色として得られる

範囲で、合成色の色度を自由に設定することが可能であるが、発光ユニット  $10_A, \dots, 10_{B_1}, 10_{B_2}, \dots, 10_{B_n}$  を直列接続した本発明の実施形態に係る有機EL素子では、発光ユニット単位で輝度を調整することによって  $a_k$  を変えることはできないので、ある発光色における発光ユニットの段数を調整することで  $a_k$  を変更できるようにした。

#### 【0036】

今、第  $k$  番目の発光色を呈する発光ユニットの段数を  $m_k$  ( $m_k$  は自然数) とすると、得られる合成色  $C_0$  は、

#### 【数3】

$$C_0 = \left\{ \sum_{k=1}^n m_k \phi_k C_k \right\} / \left\{ \sum_{k=1}^n m_k \phi_k \right\} \quad (\text{式2})$$

となり、 $m_k$  を選択することで、離散的に合成色  $C_0$  を変更することが可能になる。

#### 【0037】

ここで、本発明の実施形態に係る有機EL素子の形成方法では、色毎の発光ユニットの段数（同色の発光ユニットの数）を如何に設定するかが問題になる。この段数の設定は、各発光ユニットの発光色の混色として得られる有機EL素子の発光色が、所望の色度に近づくように設定されるものであり、各発光ユニットの電流輝度効率と、所望の色度を各発光ユニットの発光色の混色から得るのに必要な各色の輝度加算比（必要輝度加算比）とによって求められることになる。

#### 【0038】

ある色の発光ユニットの段数を求める手順について、図4を参照しながら更に具体的に説明する（ここでは、発光ユニットの選択色を3色以上の複色（A色、B色、C色、…）として説明する。）。

#### 【0039】

まず、用途に応じて有機EL素子で得たい発光色の色度を設定する。例えば、白色照明光源として用いる場合には、白色の色度（NTSC白）が設定されることになる（S1）。次に、この設定された色度を混色によって得るために必要な複数の色を選択し、その色を発光する材料を発光ユニットの発光材料にする。例えば、白（NTSC白）を設定色度に行っている場合には、赤、緑、青の3色を選択すればよい（S2）。他にも水色と橙色等を2色選択してもよく、選択する色数は4色以上であっても良い。そして、各色の色度から、これらの混色によって所望の色度を得るための必要輝度加算比を求める。すなわち、選択された発光ユニットの色を混色して得たい色度にするために、各色で必要な輝度の比を求める（S3）。

#### 【0040】

ここで、設定された色度を得るために、異なる色A、B、C、…を選択してその色の発光ユニットを用い、必要な輝度加算比が下記（式3）である場合を考える。

#### 【0041】

#### 【数4】

$$[A \text{ の必要輝度}] : [B \text{ の必要輝度}] : [C \text{ の必要輝度}] : \dots = a : b : c : \dots$$

（式3）

#### 【0042】

各色発光ユニットの電流輝度効率（ $c_d / A$ ）を求め（S4）、[各色の必要輝度] / [各色の電流輝度効率] を求めて（S5）、これを色毎の比で表して、更に整数比化（最も近い整数比を求める）する（S6）。これによって、色毎の発光ユニットの段数比が求められる（S7）。

#### 【0043】

具体的には、A色のみが他のB色、C色と比較して、[必要輝度] / [電流輝度効率] が n 倍である場合には、A色の発光ユニットの段数を他の色の発光ユニットの数に比較して n 倍にする。すなわち、下記(式4)が成り立つような一番近い整数比を段数比にすることで、設定された色度に近い色を有機EL素子の発光色として得ることができる。この際にも前述と同様に、消費電力を抑えるために全体の発光ユニットの数をできるだけ少なく設定する方が好ましい。

【0044】

【数5】

[Aの段数]:[Bの段数]:[Cの段数]:...=n:1:1:...

(式4)

【0045】

また、有機EL素子における複数の発光ユニットとして、1重項励起状態から基底状態に戻る際の発光(蛍光発光性)を呈する発光材料を用いたものと、3重項励起状態から基底状態に戻る際の発光(燐光発光性)を呈する発光材料を用いたものとを混在させた場合には、蛍光発光は燐光発光に対して1/3~1/4の量子効率になるので、前述した[必要輝度] / [電流輝度効率]の差が大きくなることが多い。本発明の実施形態に係る有機EL素子は、このように蛍光発光性の発光ユニットと燐光発光性の発光ユニットとを混在させて、これらの発光ユニットの異なる発光色を合成させることによって所望の色度の混色を得る場合に有効である。すなわち、発光ユニットの少なくとも1つが燐光発光性の発光ユニットである場合には、その燐光発光性の発光ユニットを1層にして、他の蛍光発光性の発光ユニットを多段にすることで、各色の輝度比を所望の色度を得るために必要な輝度加算比に近づけることができる。

【0046】

このように、発光ユニットの少なくとも1つが3重項励起状態からの燐光発光を呈する場合、或いは、発光ユニットが、燐光発光を呈するものと蛍光発光を呈するものを含む場合であっても、色毎の発光ユニットの段数を多段にするという考え方を採用することで、有機EL素子の発光色として所望の色度を設定することが可能になる。

【0047】

そして、本発明の実施形態に係る有機EL素子によれば、各色の発光ユニットに電流輝度効率の差があっても、各色一つの発光ユニットでは混色によって白色を得る必要輝度加算比にならない場合であっても、発光ユニットの段数調整で、これらの混色によってCIE x y (JIS Z 8110)の白色領域を表現することができるようになる。

【0048】

以下に、本発明の実施形態に係る有機EL素子の各構成要素について更に具体的に説明する。

【0049】

a. 有機発光機能層；

有機発光機能層A, ..., B1, B2, ..., Bnは、単層又は多層の有機化合物材料層からなるが、層構成はどのように形成されていても良い。一般には、陽極機能界面p。側から陰極機能界面n。側に向けて、正孔輸送層、発光層、電子輸送層を積層させたものを用いることができるが、発光層、正孔輸送層、電子輸送層はそれぞれ1層だけでなく複数層積層して設けても良く、正孔輸送層、電子輸送層についてはどちらかの層を省略しても、両方の層を省略しても構わない。また、正孔注入層、電子注入層、キャリアブロック層等の有機材料層を用途に応じて挿入することも可能である。前記正孔輸送層、前記発光層、前記電子輸送層は従来の使用されている材料(高分子材料、低分子材料を問わない)を発光色に応じて適宜選択して採用できる。

【0050】

また、前述したように、発光層を形成する発光材料においては、1重項励起状態から基

20

30

40

50



底状態に戻る際の発光（蛍光）と3重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（りん光）のどちらを採用しても良く、蛍光とりん光の両方の発光が混在していてもよい。

#### 【0051】

b. 導電層；

導電層  $p, n, 13$  は、各発光ユニット  $10_A, \dots, 10_{B1}, 10_{B2}, \dots, 10_B$  からの発光を合成するために、透明又は半透明の材料であることが好ましく、有機発光機能層  $A, \dots, B1, B2, \dots, Bn$  との界面に陽極機能界面  $p$ 。又は陰極機能界面  $n$ 。を形成するものであればよい。ITO、IZO、 $V_2O_5$  等の導電性無機化合物を用いることができる。

#### 【0052】

ここで、陽極機能界面  $p$ 。は、導電層から有機発光機能層へ正孔が有効に注入されるように、注入障壁を小さくするのがよく、そのためには仕事関数を  $4.0 \text{ eV}$  以上にすることが望ましい。

#### 【0053】

また、陰極機能界面  $n$ 。は、導電層から有機発光機能層へ電子が有効に注入されるように、注入障壁を小さくするのがよく、そのためには仕事関数を  $3.5 \text{ eV}$  以下、望ましくは  $3.0 \text{ eV}$  以下に設定する。この陰極機能界面  $n$ 。を形成するための導電層材料は、アルカリ金属 ( $Li, Na, K, Rb, Cs$ )、アルカリ土類金属 ( $Be, Mg, Ca, Sr, Ba$ )、希土類金属等、仕事関数の低い金属、その化合物、又はそれらを含む合金で構成することができる。更には、有機発光機能層と前記導電層の間に前記仕事関数の低い金属、その化合物、又はそれらを含む合金を挟むか、有機発光機能層中或いは前記導電層中のいずれか又は両方にそれらを含ませてもよい。

#### 【0054】

c. 配線電極；

配線電極  $11, 12$  は、それら自体が電荷注入機能を兼ねる場合には、一方が陰極側、他方が陽極側に設定されることになる。この際、陽極側は比較的工作関数の高い材料で構成するのがよく、クロム ( $Cr$ )、モリブデン ( $Mo$ )、ニッケル ( $Ni$ )、白金 ( $Pt$ ) 等の金属膜やITO、IZO等の酸化金属膜等の透明導電膜が用いられる。また陰極側は比較的工作関数の低い材料で構成するのがよいが、特に、アルカリ金属 ( $Li, Na, K, Rb, Cs$ )、アルカリ土類金属 ( $Be, Mg, Ca, Sr, Ba$ )、希土類金属等、仕事関数の低い金属、その化合物、又はそれらを含む合金を用いることができる。また、有機発光機能層と前記導電層の間に前記仕事関数の低い金属、その化合物、又はそれらを含む合金を挟むか、有機発光機能層中或いは前記導電層中のいずれか又は両方にそれらを含ませてもよい。両配線電極  $11, 12$  とともに透明な材料により構成した場合には、光の放出側と反対の電極側に反射膜を設けた構成にすることもできる。

#### 【0055】

d. 各種方式等；

本発明の実施形態に係る有機EL素子は、パッシブマトリクス型の表示パネルを形成することもできるし、或いは、アクティブマトリクス型の表示パネルを形成することもできる。また、カラー表示パネルを形成するためには、塗り分け方式、白色や青色等の単色の発光機能層にカラーフィルタや蛍光材料による色変換層を組み合わせた方式 (CF方式、CCM方式) 等により、フルカラー有機ELパネル、又はマルチカラー有機ELパネルを形成することができる。また、本発明の実施形態に係る有機EL素子としては、基板1側から光を取り出すボトムエミッション方式にすることもできるし、或いは、基板1とは逆側から光を取り出すトップエミッション方式にすることもできる。

〔実施形態の効果〕

本発明の実施形態に係る有機EL素子又はその形成方法は、このように構成されるので、以下に示す効果が得られる。

#### 【0056】

一つには、各発光ユニットで生じる複数の発光を合成して取り出すことができ、発光ユ

10

20

30

40

50

ニットの数に応じた高輝度を得ることができる。また、得られる高輝度は各発光ユニットを流れる電流密度の上昇を伴わないので、素子寿命を犠牲にすることなく高輝度を実現することが可能になる。更には、少なくとも一つの色の発光ユニットを多段にすることで、各発光ユニットの発光色の混色によって所望の色度の発光色を得ることができる。更には、発光ユニットの選択色とその段数の設定によって、各発光ユニットの発光色の混色から白色を得ることができる。

#### 【実施例】

#### 【0057】

以下に、本発明の実施例について、図面を参照しながら説明する。図5は、本発明の実施例と比較例の構成を示す説明図であり、図6及び図7は実施例の評価を示す発光特性図である。

〔実施例〕図5(a)に本発明の実施例に係る有機EL素子を示す。ここでは、有機EL素子の発光色として白色(CIExy色度図(JIS Z 8110)の白領域)を得るために、発光ユニットの選択色をR(赤)、G(緑)、B(青)3色にして、R(赤)、G(緑)の発光ユニットでは燐光発光性の発光材料を用い、B(青)の発光ユニットでは蛍光発光性の発光材料を用いたものである。基本構成は前述した実施形態に示すとおりであるが(同一部位には同一符号を付して重複した説明を省略する。)、ここでは、青に関して、有機発光機能層B<sub>1</sub>と有機発光機能層B<sub>2</sub>の2層からなる2段の発光ユニットを設け、緑に関しては有機発光機能層G、赤に関しては有機発光機能層Rの各1層としている。以下、更に具体的な製造方法を説明する。

#### 【0058】

まず、ガラス製の基板1に下部の配線電極11(陽極側)としてのITOをスパッタリングにより150nm成膜し、レジスト(東京応化製フォトレジストAZ6112)をITO膜上にストライプ状にパターン形成する。すなわち、基板1を塩化第二鉄水溶液と塩酸の混合液に浸漬しレジストに覆われていないITOをエッチングし、アセトン中に含浸させてレジストを除去し、所定のITOパターンを有する基板1を作成する。

#### 【0059】

次いで、ITO付きの基板1を、真空蒸着装置に搬入し、順次、正孔輸送層aとしてCuPcを30nmの厚さに成膜、正孔注入層bとしてα-NPDを50nmの厚さに成膜、発光層cとしてspiro-DPVB<sub>i</sub>を30nmの厚さに成膜、電子輸送層dとしてAlq<sub>3</sub>を20nmの厚さに成膜、電子注入層eとしてLi<sub>2</sub>Oを1nmの厚さに成膜して、各層を積層し、第1の青色有機発光機能層B<sub>1</sub>を形成する。

#### 【0060】

この第1の青色有機発光機能層B<sub>1</sub>上に導電層13としてV<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を真空蒸着によって厚さ30nm成膜する。ついで、この導電層13上に第2の青色有機発光機能層B<sub>2</sub>を第1の青色有機発光機能層B<sub>1</sub>と同様に順次積層する。そして、この第2の青色有機発光機能層B<sub>2</sub>上に導電層13としてV<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を真空蒸着にて30nm成膜する。

#### 【0061】

次に、導電層13上に、順次、正孔輸送層aとしてCuPcを20nmの厚さに成膜、正孔注入層bとしてα-NPDを20nmの厚さに成膜、発光層cとしてホスト材:CBP, ドーパント:Ir(ppy)<sub>3</sub>を30nmの厚さに成膜、ホールブロッキング層fとしてBCPを10nmの厚さに成膜、電子輸送層dとしてAlq<sub>3</sub>を40nmの厚さに成膜、電子注入層gとしてLi<sub>2</sub>Oを1nmの厚さに成膜して各層を積層し、緑色有機発光機能層Gを形成する。

#### 【0062】

この緑色有機発光機能層G上に導電層13としてV<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を真空蒸着にて30nm成膜する。

#### 【0063】

次に、導電層13上に、順次、正孔輸送層aとしてCuPcを20nmの厚さに成膜、正孔注入層bとしてα-NPDを60nmの厚さに成膜、発光層cとしてホスト材:CB

10

20

30

40

50

P, ドーパント: Btp<sub>2</sub>Ir(acac) を 30 nm の厚さに成膜、ホールブロッキング層 f として BCP を 10 nm の厚さに成膜、電子輸送層 d として Alq<sub>3</sub> を 20 nm の厚さに成膜、電子注入層 e として Li<sub>2</sub>O を 1 nm の厚さに成膜して各層を積層し、赤色有機発光機能層 R を形成する。

#### 【0064】

そして、赤色有機発光機能層 R 上に上部の配線電極 12 (陰極側) として Al を 100 nm の厚さに成膜する。

#### 【0065】

このようにして形成された有機 EL 素子に対して、その後 N<sub>2</sub> 雰囲気中にて、ガラス製の封止基板 (図示省略) を光硬化性樹脂等の接着剤にて接合封止して有機 EL パネルを作成した。封止基板は、プレス成形、エッチング、ブラスト処理等の加工によって封止凹部を形成し、この封止凹部に BaO 等の乾燥剤を貼りつけた。

#### 【0066】

【比較例】 前述した実施例に係る有機 EL パネルの青色発光機能層を 1 層とする以外は実施例と同様の構造及び製造方法にて有機 EL パネルを製造した。

#### 【0067】

【実施例の評価】 図 6 に実施例、比較例の有機 EL パネルの発光スペクトルを示し、図 7 に、その各有機 EL 素子の発光面から得られた混色を色度図上に示した。図 5 において、青色有機発光機能層を 2 層 (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>) として、青色の発光ユニットを 2 段にした実施例は、実線で示し、青色発光ユニットを 1 層とした比較例は点線で示している。実施例の発光スペクトル (強度; a.u.) は、青色の波長 420 ~ 480 nm の範囲のピークが比較例の値の倍になっている。緑色の波長 500 ~ 560 nm、赤色の波長 610 ~ 700 nm の範囲のピークは実施例及び比較例は同じ値になっている。図 7 の色度の比較においては、比較例の色度 (△) (0.347, 0.433) は、NTSC 白 (◎) (0.31, 0.316) から離れているが、本発明の実施例の色度 (○) (0.307, 0.371) は NTSC 白の色度に近い値になった。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0068】

【図 1】 従来技術の説明図である。

【図 2】 本発明の実施形態に係る有機 EL 素子を説明する説明図である。

【図 3】 本発明の実施形態に係る有機 EL 素子を説明する説明図である。

【図 4】 本発明の実施形態に係る有機 EL 素子において、色毎の発光ユニットの段数を決定する手順を説明する説明図である。

【図 5】 本発明の実施例に係る有機 EL 素子を説明する説明図である。

【図 6】 本発明の実施例に係る有機 EL 素子の評価を説明する説明図 (発光スペクトルグラフ) である。

【図 7】 本発明の実施例に係る有機 EL 素子の評価を説明する説明図 (色度図) である。

#### 【符号の説明】

#### 【0069】

10<sub>A</sub>, ..., 10<sub>B1</sub>, 10<sub>B2</sub>, ..., 10<sub>Bn</sub> 発光ユニット

A, ..., B1, B2, ..., Bn 有機発光機能層

1 基板

11, 12 配線電極

13, p, n 導電層

p<sub>o</sub> 陽極機能界面

n<sub>o</sub> 陰極機能界面

10S 発光面

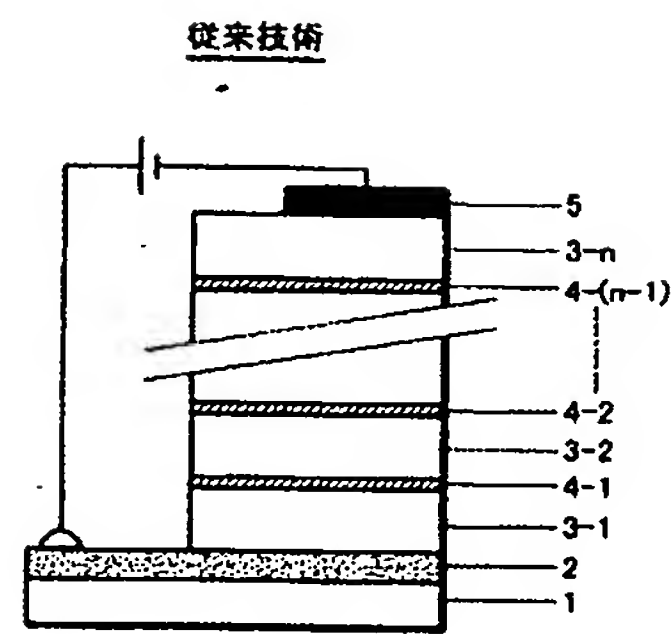
10

20

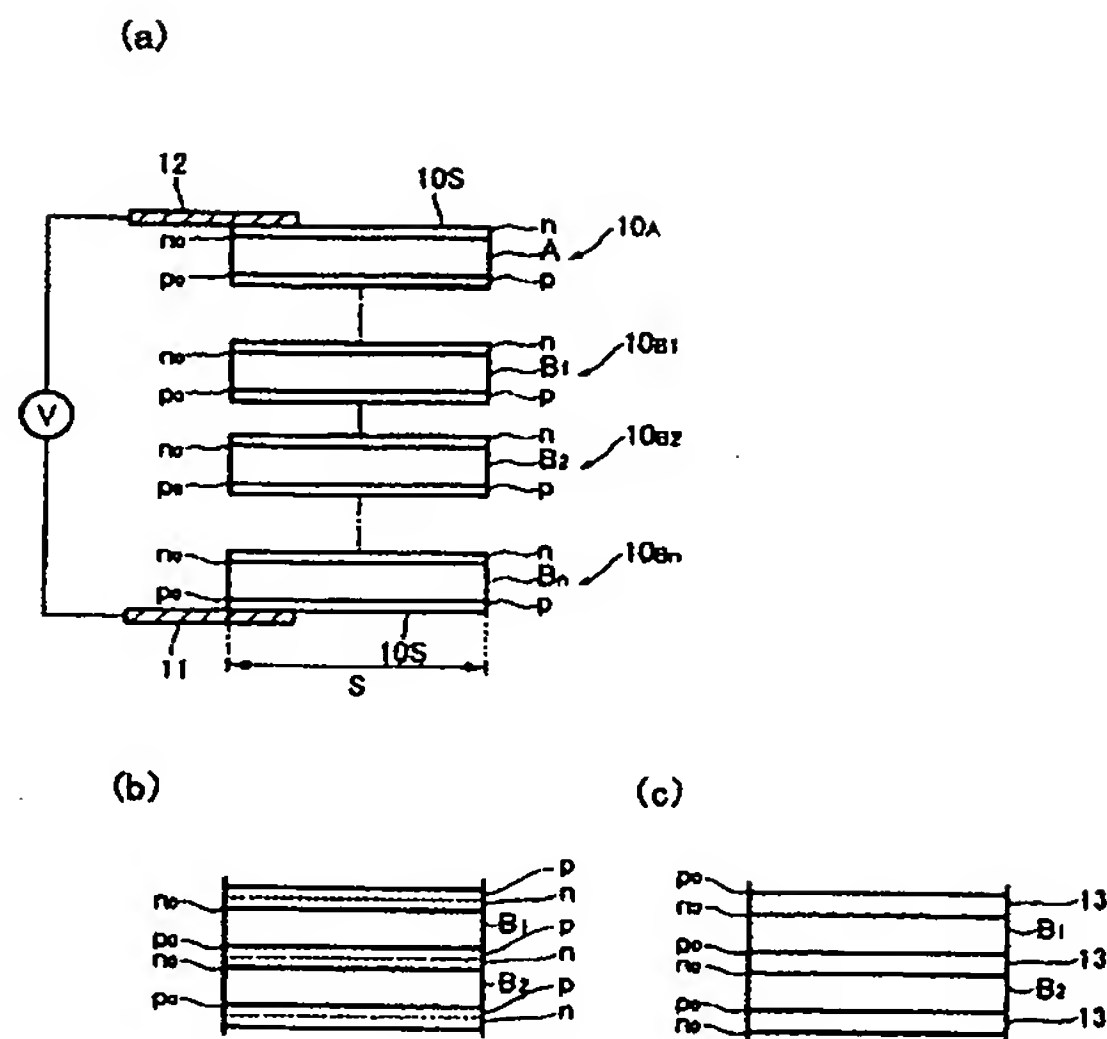
30

40

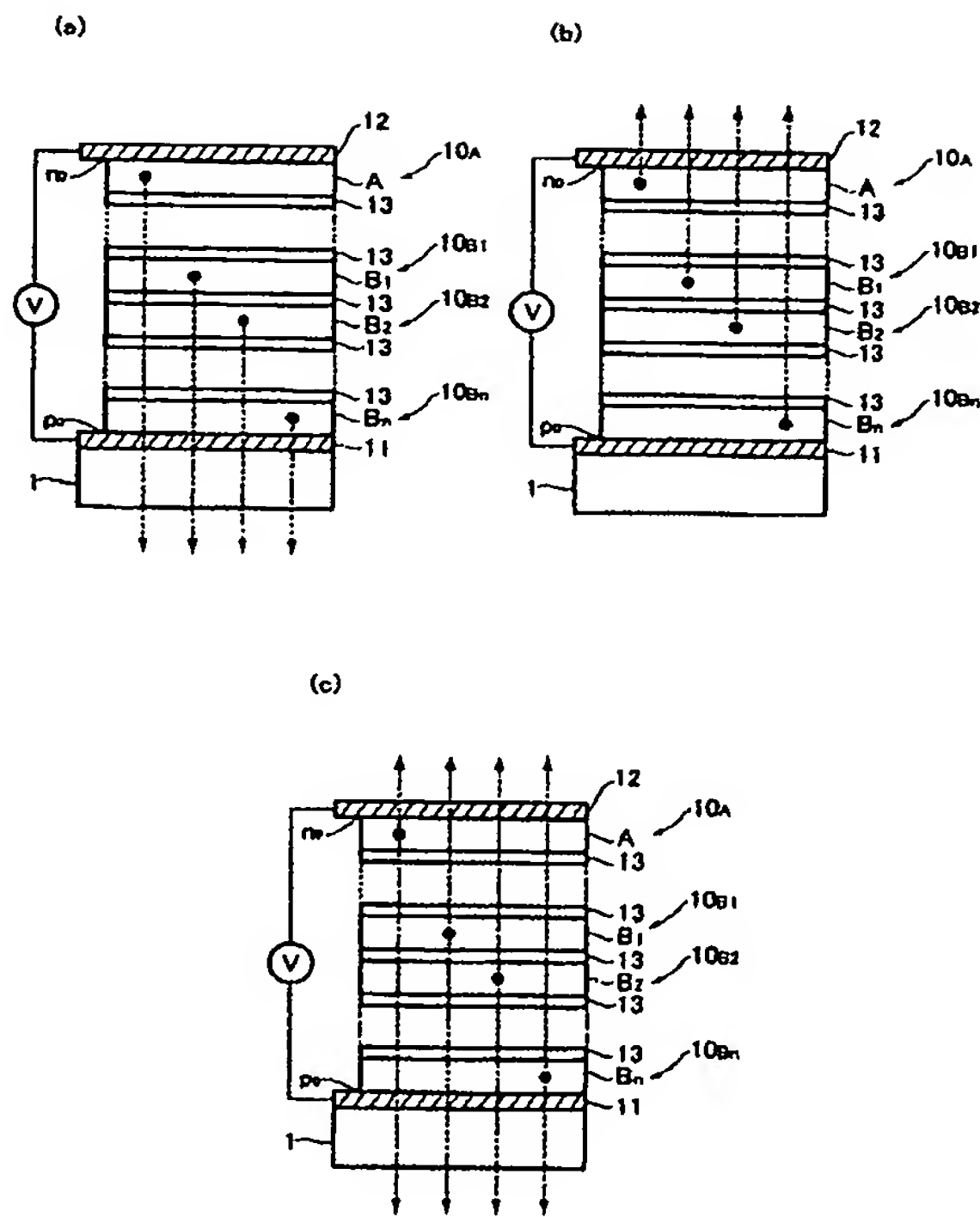
【図 1】



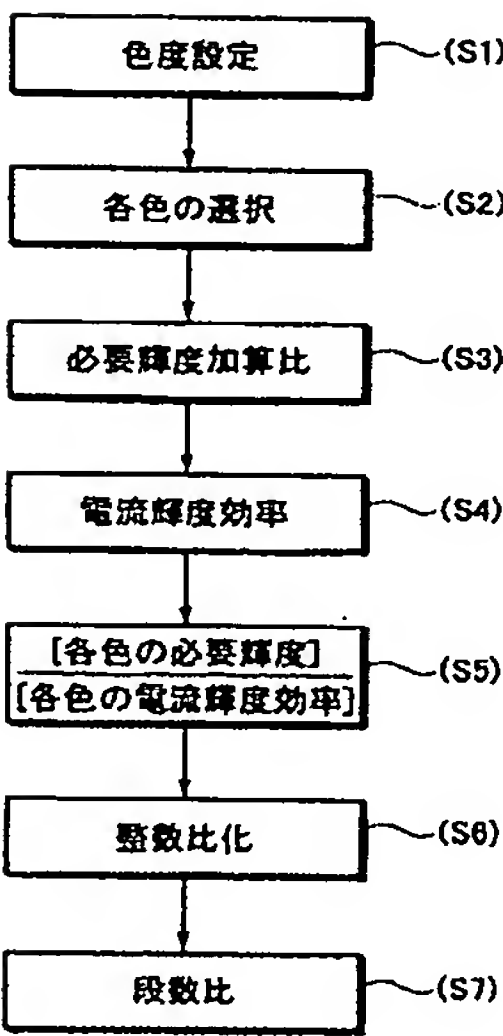
【図 2】



【図 3】



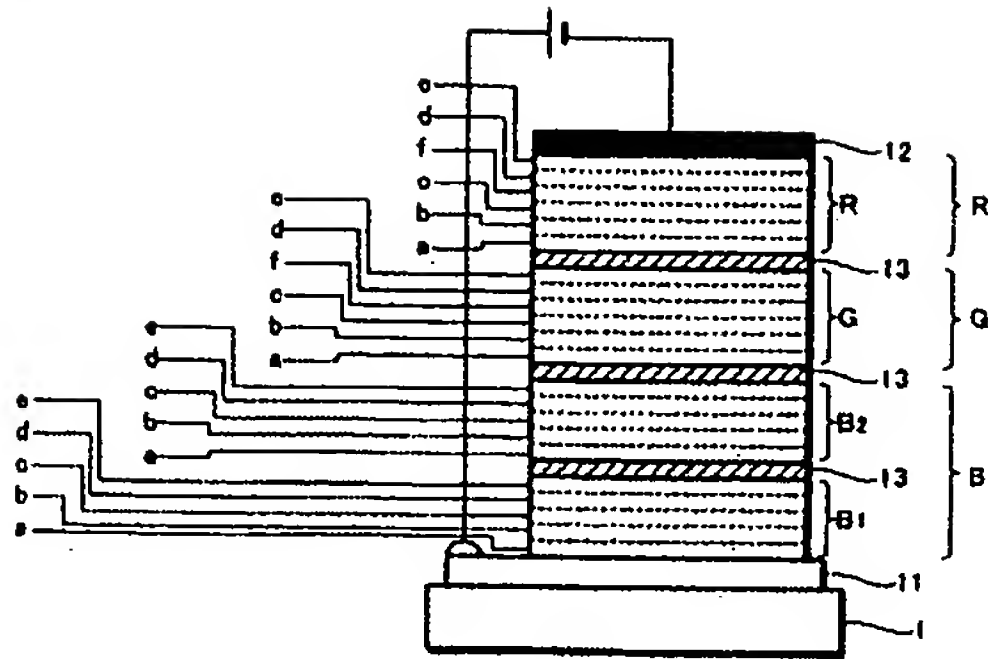
【図 4】



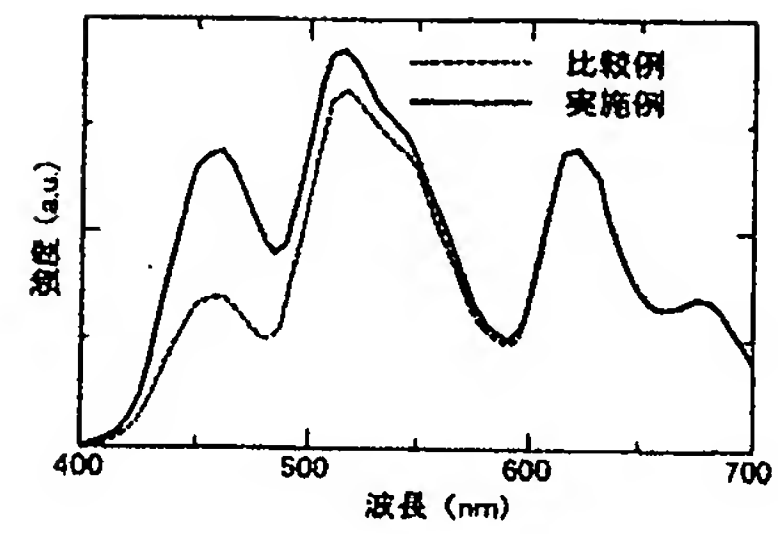


【図5】

(a)

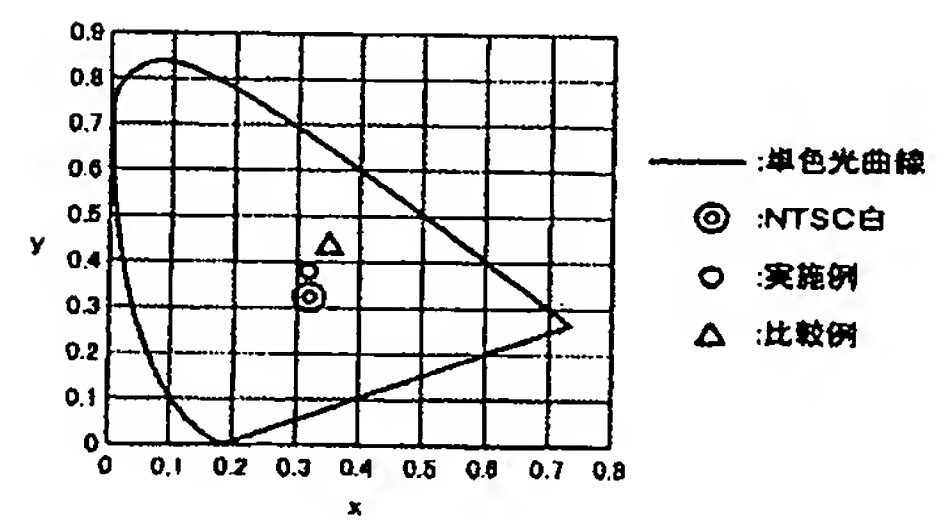
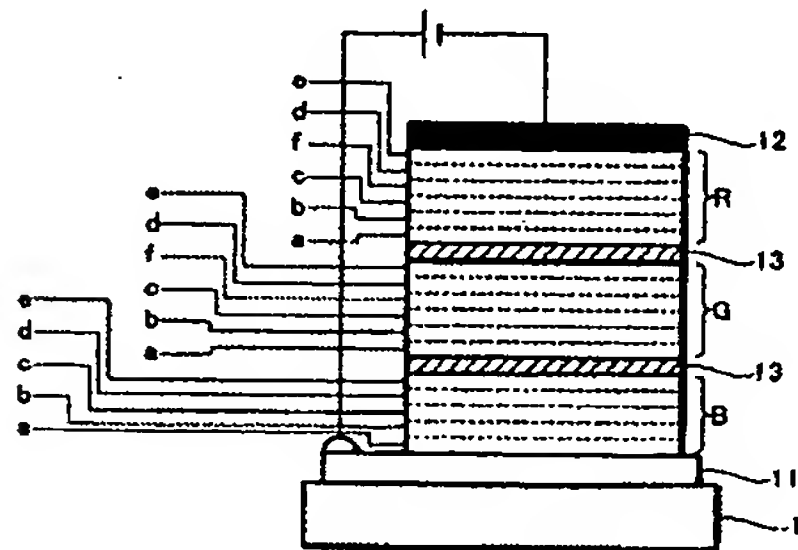


【図6】



【図7】

(b)



フロントページの続き

(72)発明者 佐相 康宏

山形県米沢市八幡原4丁目3146番地7 東北パイオニア株式会社米沢工場内

(72)発明者 福田 善教

山形県米沢市八幡原4丁目3146番地7 東北パイオニア株式会社米沢工場内

Fターム(参考) 3K007 AB04 AB18 DA06 DB03 FA00